

RTV 涂层激光清除技术

黄 波¹, 李东风², 游传榜³, 潘 庆¹, 李敬明¹

(1. 中国南方电网超高压公司梧州局, 梧州 543002; 2. 河北硅谷化工研究院, 邯郸 057151;

3. 河北省氟硅新材料工程技术研究中心, 邯郸 056000)

摘 要: 利用激光技术对陶瓷基 RTV 涂层进行了清除研究, 对老化绝缘子表面的 RTV 涂层进行了激光清除, 并对清除后的绝缘子进行了 RTV 涂层的部分复涂。结果发现: 光纤激光的功率、振镜速度、线间距和扫描次数对 RTV 清除的效果有重要的影响。RTV 涂层的清除效果随功率和扫描次数的增大而增大, 随振镜速度和线间距的增大而减小。要清除 RTV 涂层并保持陶瓷基材的釉面不被破坏, 需要合理匹配激光清除设备的参数。

关键词: 激光; 清除; 室温硫化硅橡胶; RTV 涂层; 光纤激光

0 引言

室温硫化硅橡胶(room temperature vulcanized silicone rubber, RTV)防污闪涂料, 具有优异的憎水性能和憎水迁移性能, 在陶瓷或玻璃绝缘子表面, 喷涂 RTV 涂料, 具有操作简单、投资小、效能时间长、易于维护等优点, 可大大提高绝缘子的耐污闪性能, 该涂料自从 20 世纪 80 年代后期开始在国内推广运行以来, 以其长效、免维护等突出特点, 作为一种新技术、新材料在国内得到快速发展和广泛应用^[1-2]。

RTV 的自然老化期一般为 5~8 a, 而陶瓷绝缘子或钢化玻璃绝缘子的设计运行寿命都是 40~50 a, RTV 涂层老化失效后的绝缘子如何继续运行, 处在污区条件下运行外附 RTV 涂层失效的绝缘子对电力系统安全构成了安全隐患, 在污秽聚集和潮湿气象条件时存在着发生污闪事故的风险, 因此就需要对老化后的 RTV 涂层进行清除和修复, 同时要求清除过程中不能破坏基体绝缘子的表面。鉴于 RTV 涂料与绝缘子的界面结合能力强, 具有优异的化学稳定性和热稳定性, 很难有效清除, 因此 RTV 涂料的清除和修复技术成为该领域的研究热点之一^[3-4]。

近年来, 随着激光技术的发展, 利用激光进行表面清除的技术研究取得了很大的进展^[5-8], 主要包括大型构件的锈斑, 重要古建筑表面污染物, 古典名画的表面清洗、输电线路的异物等^[9-12]。激光清洗技术是利用纳秒或皮秒级的脉冲激光辐照待清洗的工件表面, 使得工件表面在瞬间吸收激光能量, 形成急剧膨胀的等离子体(高度电离的不稳定气体), 由于不同材料对激光的吸收率的不同使其表面

附着的油污、锈斑、粉尘渣、积碳、涂层、氧化层或膜层等发生气化或剥离, 从而高效地清除表面附着物的清洁方式。这些技术能够将附着在表面的顽固且复杂的污染物质在几乎不影响其基材的情况下加以清除。但利用激光清除技术清除电力设施中的老化 RTV 防污闪涂料的报道尚未发现。

本文利用激光技术对陶瓷基 RTV 涂层进行了清除研究, 重点研究了激光参数对清除 RTV 涂层的影响, 另外选用电力设施退役的绝缘子, 利用激光技术清除了其表面老化的 RTV 涂层, 并对清除后的绝缘子进行了 RTV 涂层的部分复涂, 观察了新涂层的憎水性。

1 实验部分

1.1 激光清除设备

JQA200 型光纤激光清除设备(武汉武钢华工激光大型装备有限公司), 设备主要参数如下: 激光波长 1 064 nm, 脉冲操作模式, 最大功率 200 W, 最大扫描宽度 110 mm, 光纤长度 3 m, 设备分为台式和背包式。

1.2 实验样品

选用陶瓷基实验试板 20 块, 试板尺寸为 60 mm×40 mm×5 mm, 在陶瓷基材的釉面上涂覆 RTV 涂料(河北硅谷化工有限公司), 涂层厚度 0.3 mm。

电力设施退役的绝缘子(中国南方电网超高压输电公司梧州局提供)。

1.3 RTV 涂层的清除与修复

利用台式脉冲光纤激光清除设备, 对陶瓷基材上涂覆的 RTV 涂层进行清除实验研究, 其中扫描幅面 50 mm×20 mm, 扫描类型主要采用交叉填充, 分

别进行功率, 振镜速度, 扫描次数和线间距对 RTV 涂层清除效果的影响。

利用背包式激光清除设备对电力设施退役的绝缘子的老化 RTV 涂层进行清除, 然后对清除 RTV 涂层后的绝缘子进行 RTV 涂层的部分修复, 涂层厚度 0.3 mm。

2 结果和讨论

2.1 激光功率对 RTV 涂层清除效果的影响

激光清除设备的清除条件对于清除陶瓷基材表面 RTV 涂层的清除效果具有非常重要的影响, 如激光的功率, 振镜速度, 线间距, 扫描次数等。表 1 是不同清除条件下, 激光对 RTV 涂层的清除效果。

不同功率下, 激光对 RTV 涂层的清除效果图如图 1 中 1~5 号样品所示, 可以看出: 在振镜速度, 线间距和扫描次数一定的条件下, 激光功率对 RTV 涂层的清除效果随功率的增大愈发明显, 在振镜速度 6 m/s, 激光线间距 0.03 mm, 采用交叉填充扫描 2 次的条件下, 功率为 200 W 时陶瓷基材的 PRV 涂层已清除效果非常理想(图 1 中 1 号样品), 并且涂层清除后, 陶瓷基材的釉面并未受到影响, 这为后续的 RTV 复涂修复提供了条件。但随着激光功率的减小, 清除效果逐步变差。

2.2 激光扫描次数对 RTV 涂层清除效果的影响

激光扫描次数对 RTV 涂层的清除效果见图 2, 从 6~10 号样品中可以看出, 当激光功率为 100 W, 在振镜速度 6 m/s, 激光线间距 0.03 mm, 采用交叉填充扫描 1~5 次的条件下, 随着扫描次数的增大, RTV 涂层的清除效果逐步提高, 交叉扫描 3 次后(图 2 中 8 号样品), RTV 涂层已清除干净, 且并不影响陶瓷基材的釉面。说明降低激光的功率, 通过扫描次数的增大, 其 RTV 涂层仍可以清除干净。因为扫描次数的增多, 意味着扫描时间的增大。

2.3 激光线间距对 RTV 涂层清除效果的影响

激光线间距对 RTV 涂层的清除效果见图 3 中 11~15 号样品, 从中可以看出, 当激光功率为 100 W, 在振镜速度 6 m/s, 交叉扫描 5 次, 改变激光线间距为 0.01~0.06 mm, 随着线间距的逐步增大, RTV 涂层清除效果逐渐减弱, 值得注意的是, 当线间距为 0.04 时(图 3 中 13 号样品), 清除效果较好, 陶瓷基材的釉面没有破坏。当线间距较小时(11、12 号样品), 陶瓷基材的釉面破坏, 并有裂缝产生, 说明线间距较小时, 激光扫描 RTV 涂层的密度变大, 涂层

表 1 激光条件对陶瓷基材 RTV 涂层清除效果

序号	功率 /W	振镜速度 /(m·s ⁻¹)	线间距 /mm	扫描次数	清除效果
1	200	6	0.03	2	好
2	180	6	0.03	2	好
3	160	6	0.03	2	较好
4	140	6	0.03	2	差
5	120	6	0.03	2	差
6	100	6	0.03	1	差
7	100	6	0.03	2	较好
8	100	6	0.03	3	好
9	100	6	0.03	4	好
10	100	6	0.03	5	好
11	100	6	0.01	5	基材有裂纹, 釉面破坏
12	100	6	0.02	5	基材有裂纹, 釉面破坏
13	100	6	0.04	5	好
14	100	6	0.05	5	好
15	100	6	0.06	5	好
16	100	8	0.06	5	差
17	100	7	0.06	5	较差
18	100	5	0.06	5	好
19	100	4	0.06	5	好
20	100	3	0.06	5	好

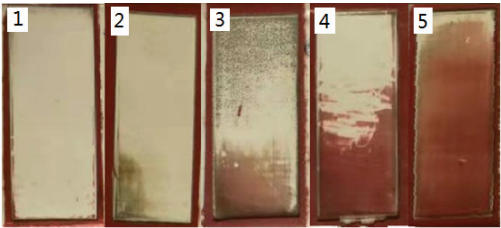


图 1 激光功率对 RTV 涂层的清除效果

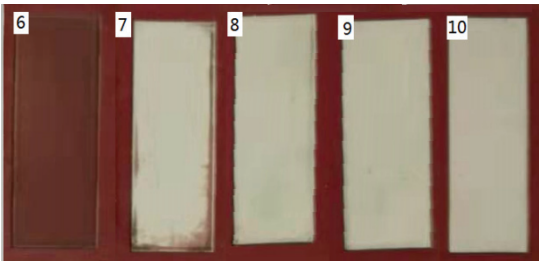


图 2 激光扫描次数对 RTV 涂层的清除效果

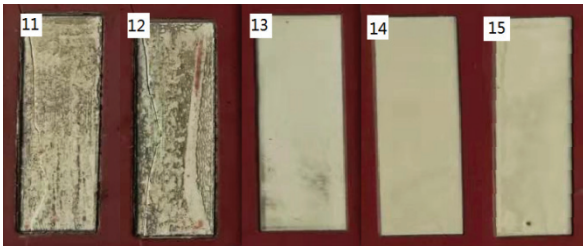


图 3 激光线间距对 RTV 涂层的清除效果

受到激光的辐射的能量密度较大,除了清除掉 RTV 涂层后,陶瓷基材的釉面也受到了激光的破坏,同时由于温度较高致使陶瓷基材产生破裂。因此适当的线间距是激光清除 RTV 涂层的一个主要因素。

2.4 激光振镜速度对 RTV 涂层清除效果的影响

振镜也叫激光扫描器,可以在 X - Y 平面内控制激光器的偏转,通过 XY 两轴振镜镜片的配合运动使具有一定功率密度的激光聚焦点在工件平面上按所需的要求快速运动,形成扫描轨迹。激光振镜速度对 RTV 涂层的清除效果见图 4,从中可以看出,当激光功率为 100 W,交叉扫描 5 次,激光线间距为 0.06 mm,激光的振镜速度(3~8 m/s)对 RTV 涂层清除的影响。随着振镜速度的逐渐减小,RTV 涂层的清除效果逐渐明显。当功率为 100 W,线间距为 0.06 mm,交叉扫描 5 次,振镜速度为 5 m/s 时(图 4 中 18 号样品),RTV 涂层的清除效果开始变好。这是因为振镜速度越慢,具有一定功率的激光束 RTV 涂层的辐射密度越大,进而造成清除效率的提高。

2.5 激光清除老化绝缘子 RTV 涂层及修复

采用背包式激光清除设备对电力设施更换后的旧绝缘子进行了 RTV 涂层的清除。其中图 5 中(a)是电力设施更换下来的旧绝缘子,其中 a 为老化的 RTV 涂层, b 是经过激光清除 RTV 涂层后的部分,图 5(b)中的 c 部分是经过激光清除 RTV 涂层后又重新复涂 RTV 的形貌。可以看出,激光清除的效果良好,复涂后 RTV 表面经喷水后,新涂层表现出良好的憎水性(图 5(a)中 b)。

光纤激光发生器具有设备体积小,激光手持头轻,连续稳定运行时间长,光电转换效率高,操作简单等优点。同时精准定位,其非接触式清除和不损伤基体材料的特点使得其在电力设施 RTV 涂层的清理方面具有潜在的应用价值。小型背包式的光纤激光清除设备,可用于线路上的绝缘子 RTV 涂层的清除,台式的光纤激光清除设备可用于换流站等大型电力设施 RTV 涂层的清除。

3 结论

1) 利用光纤激光技术对陶瓷基材 RTV 涂层进行了清除是一项可行的 RTV 清除技术,光纤激光的功率、振镜速度,线间距和扫描次数对 RTV 清除的效果有重要的影响。RTV 涂层的清除效果随功率和扫描次数的增大而增大,随振镜速度和线间距的增大而减小。要保持陶瓷基材的釉面不被破坏,需要

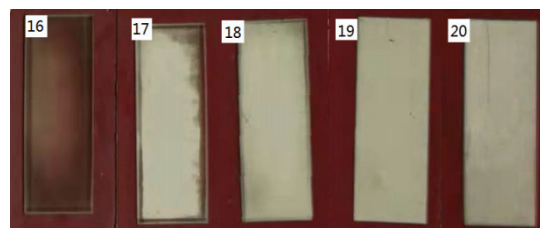
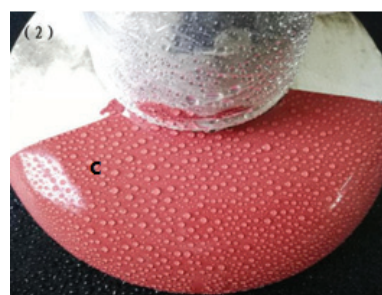


图 4 激光振镜速度对 RTV 涂层的清除效果



(a)电力设施更换下来的旧绝缘子



(b)涂 RTV 后的绝缘子

图 5 旧绝缘子激光清除前后的图片

适当控制激光清除的条件,合理匹配激光清除设备的参数。

2) 利用光纤激光技术清除电力设施中 RTV 涂层具有广阔的应用前景,它体积小,非接触式清除和不损伤基体材料的特点为在线运行的绝缘子等电力设施 RTV 老化涂层清除和修复提供了可能。相比于传统的化学清洗方式,激光清洗无需化学药剂和清洗液,避免了环境污染,符合国家绿色制造的产业化升级需求。

参考文献

- [1] SEYEDMEHDI S A, ZHANG H, ZHU J. Superhydrophobic RTV silicone rubber insulator coatings[J]. Applied Surface Science, 2012(258): 2972-2976
- [2] SIDERAKIS K, AGORIS D. Performance of RTV silicone rubber coatings installed in coastal systems[J]. Electric Power Systems Research, 2008(78): 248-254
- [3] 黄波, 梁志达, 杨鹏, 等. 化学污染对 RTV 涂层运行性能的

- 影响及其清除工艺研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(2): 242-244, 247.
- [4] 李秋鹏, 吴兴全, 高 婷, 等. RTV 涂层厚度对修复老化复合绝缘子机械性能的影响[J]. 高压电器, 2019, 55(8): 205-211, 217.
- [5] TANGA Q H, ZHOUA D, WANG Y L, et al. Laser cleaning of sulfide scale on compressor impeller blade[J]. Applied Surface Science, 2015(355): 334-340.
- [6] BUCCOLIERI G, NASSISI V, BUCCOLIERI A, et al. Laser cleaning of a bronze bell[J]. Applied Surface Science, 2013(272): 55-58.
- [7] KUMAR A, PRASAD M, BHATT R B, et al. Laser shock cleaning of radioactive particulates from glass surface[J]. Optics and Lasers in Engineering, 2014(57): 114-120.
- [8] ERSINKAYAHAN. A post-processing study on aluminum surface by fiber laser: removing face milling patterns[J]. Optics & Laser Technology, 2018(101): 440-445.
- [9] 徐北方, 冯军淼. 激光技术应用于清除超高压架空输电线路异物的探讨[J]. 农村电气化, 2019(7): 43-46.
- [10] 周道其. 激光清除大型构件的锈斑[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2001(1): 76.
- [11] 陈 杰, 梁 伟, 张志坚, 等. 架空线路异物激光清除技术研究[J]. 激光技术, 2017, 41(5): 659-663.
- [12] 齐 扬, 叶亚云, 王海军, 等. 激光清除石质文物表面污染物的作用机制[J]. 中国激光, 2015, 42(6): 99-107.
-
- 黄 波**
1988—, 男, 硕士, 工程师
主要从事输变电设备运行与维护研究
E-mail: wxlggyjy@163.com
- 收稿日期 2019-09-10 编辑 何秋萍